

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-296570

(43)Date of publication of application : 26.10.2001

(51)Int.Cl.

G02F 1/37  
 G01B 11/30  
 G01N 21/01  
 G01N 21/15  
 G01N 21/64  
 G01N 21/84  
 G01N 21/956  
 H01L 21/66  
 H01S 3/00  
 H01S 3/10

(21)Application number : 2000-265894

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 01.09.2000

(72)Inventor : UTO YUKIO  
 NAKADA TOSHIHIKO  
 YOSHIDA MINORU  
 MAEDA SHUNJI

(30)Priority

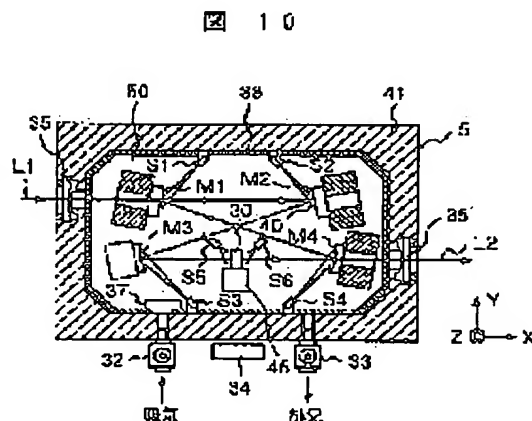
Priority number : 2000038124 Priority date : 09.02.2000 Priority country : JP

(54) UV LASER LIGHT GENERATOR, DEVICE FOR INSPECTION OF DEFECT AND METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a longer life and long-term reliability of a wavelength converting device which constitutes a UV laser light generator used as an illumination light source and to provide a defect inspection device to detect fine defects on a fine pattern to be inspected formed on the object for the inspection with high resolution and to provide a method for the inspection.

**SOLUTION:** The wavelength converting device to generate UV laser light is housed in a chamber to form a sealed structure so as to prevent intrusion of contaminant into the inside, while inner suspended contaminant is held by an adhesive material. Further the inside of the chamber of the wavelength converting device is filled with inert gas to prevent oxidation of the inner contaminant. Thus, a longer life and long-term reliability of the wavelength converting device can be maintained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-296570

(P2001-296570A)

(43) 公開日 平成13年10月26日 (2001. 10. 26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 F 1/37		G 0 2 F 1/37	2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/30		G 0 1 B 11/30	Z 2 G 0 4 3
G 0 1 N 21/01		G 0 1 N 21/01	D 2 G 0 5 1
21/15		21/15	2 G 0 5 7
21/64		21/64	Z 2 G 0 5 9
審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 16 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-265894 (P2000-265894)

(22) 出願日 平成12年9月1日 (2000. 9. 1)

(31) 優先権主張番号 特願2000-38124 (P2000-38124)

(32) 優先日 平成12年2月9日 (2000. 2. 9)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 宇都 幸雄

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 中田 俊彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男 (外2名)

最終頁に続く

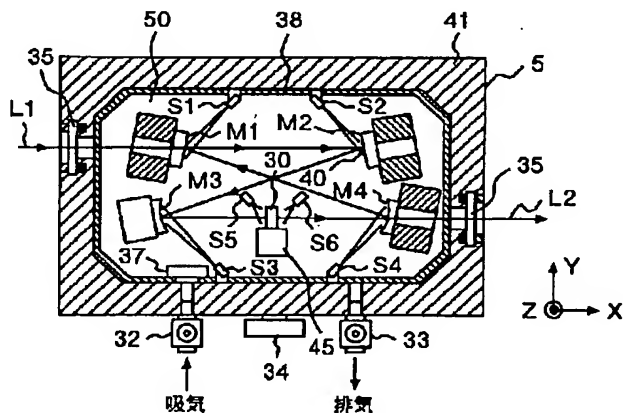
(54) 【発明の名称】 紫外レーザ光発生装置並びに欠陥検査装置およびその方法

(57) 【要約】

【課題】 照明光源として用いる紫外レーザ光発生装置を構成する波長変換装置の寿命延長と長期信頼性を確保し、被検査対象物に形成された微細被検査パターン上の微細な欠陥を高解像度で検出する欠陥検査装置およびその方法を提供する。

【解決手段】 紫外レーザ光を発生するための波長変換装置を容器により密閉構造として内部への汚染物の進入を防止すると共に、粘着材により内部の浮遊汚染物を保持し、かつ、波長変換装置の容器の内部に不活性ガスを充填させて内部の汚染物の酸化を防止させることにより、波長変換装置の寿命延長と長期信頼性を確保するようにした。

図 1 0



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、

該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光の通倍高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に備え、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通倍高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通倍高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに該容器内に不活性ガスを充填させて清浄化する清浄化手段を備えた波長変換装置とを備えて構成したことを特徴とする紫外レーザ光発生装置。

【請求項 2】 前記波長変換装置の清浄化手段は、容器内の気体を排気する排気手段と、容器内に不活性ガスを供給する供給手段とを容器に接続して構成することを特徴とする請求項 1 記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項 3】 前記波長変換装置の清浄化手段は、容器内を浮遊している汚染物を容器内の壁面に固定する粘着材を含むことを特徴とする請求項 1 記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項 4】 前記波長変換装置の容器を二重若しくは三重の構造で構成し、各々の容器の間に不活性ガスを満たす間隙を有することを特徴とする請求項 1 記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項 5】 レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、

該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光の通倍高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に設け、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通倍高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通倍高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに前記容器内の汚染状態を光学的に検知する光学的検知手段を備えた波長変換装置とを備えて構成したことを特徴とする紫外レーザ光発生装置。

【請求項 6】 前記光学的検知手段は、複数の光電変換手段を容器内に設置して構成したことを特徴とする請求項 5 記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項 7】 さらに前記波長変換装置から出射される紫外レーザ光の出力強度を検出する検出手段を有することを特徴とする請求項 5 記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項 8】 レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、

該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射

する入射窓とレーザ基本波光の通倍高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に備え、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通倍高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通倍高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに該容器内に不活性ガスを充填させて清浄化する清浄化手段と前記容器内の汚染状態を光学的に検知する光学的検知手段とを備えた波長変換装置とを備えて構成したことを特徴とする紫外レーザ光発生装置。

【請求項 9】 前記レーザ励起光源は、Nd の YAG レーザ光の 2 倍波光を出射する光源で構成することを特徴とする請求項 1 ～ 8 の何れかに記載の紫外レーザ光発生装置。

【請求項 10】 請求項 1 ～ 8 の何れかに記載の紫外レーザ光発生装置と、

該紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明する照明光学系と、

該照明光学系によって照明された被検査対象物からの反射光を集光する検出光学系と、

該検出光学系で集光される反射光を受光して信号に変換する光電変換器と、

該光電変換器から得られる信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出する欠陥検出回路とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 11】 各々出射される紫外レーザ光の光路を同軸化して設置される複数の紫外レーザ光発生装置と、

該複数の紫外レーザ光発生装置のいずれか一つ若しくは複数から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明する照明光学系と、

該照明光学系によって照明された被検査対象物からの反射光を集光する検出光学系と、

該検出光学系で集光される反射光を受光して信号に変換する光電変換器と、

該光電変換器から得られる信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出する欠陥検出回路とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 12】 前記複数の紫外レーザ光発生装置の内、少なくとも一つは予備の紫外レーザ光発生装置であることを特徴とする請求項 11 記載の欠陥検査装置。

【請求項 13】 前記照明光学系には、複数の紫外レーザ光発生装置のいずれか一つ若しくは複数から出射された紫外レーザ光を選択して被検査対象物に照明する選択光学系を有することを特徴とする請求項 11 または 12 記載の欠陥検査装置。

【請求項 14】 前記照明光学系において、複数の紫外レーザ発生装置の各々から出射された紫外レーザ光を合成して被検査対象物に照明する合成光学系を有することを

特徴とする請求項 11 記載の欠陥検査装置。

【請求項 15】前記紫外レーザ光発生装置を、紫外レーザ光を連続発振させて出射するように構成したことを特徴とする請求項 10 または 11 記載の欠陥検査装置。

【請求項 16】前記照明光学系として、コヒーレンス低減光学系を有することを特徴とする請求項 10 または 11 記載の欠陥検査装置。

【請求項 17】前記照明光学系および検出光学系としての対物レンズを有し、更に前記照明光学系として、前記紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を前記対物レンズの瞳上を 2 次元に走査してコヒーレンスを低減するコヒーレンス低減光学系を備えたことを特徴とする請求項 10 または 11 記載の欠陥検査装置。

【請求項 18】前記照明光学系および検出光学系としての対物レンズを有し、更に前記照明光学系として、前記紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を前記対物レンズを通して被検査対象物に対して輪帯状照明をするように構成したことを特徴とする請求項 10 または 11 記載の欠陥検査装置。

【請求項 19】前記照明光学系および検出光学系には、偏光ビームスプリッタおよび偏向素子群を有することを特徴とする請求項 10 または 11 記載の欠陥検査装置。

【請求項 20】前記複数の紫外レーザ光発生装置は、請求項 1～8 の何れかに記載されたものであることを特徴とする請求項 11 記載の欠陥検査装置。

【請求項 21】請求項 1～8 の何れかに記載の紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明し、この照明された被検査対象物からの反射光を集光し、この集光される反射光を光電変換器で受光して信号に変換し、この変換された信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体デバイス製造やフラットパネルディスプレイの製造に代表される微細パターン欠陥及び異物等の検査や観察に用いられる紫外レーザ光を発生させる紫外レーザ光発生装置並びに高解像度検出が可能な欠陥検査装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、半導体の高集積化に伴い、回路パターンは益々微細化の傾向にある。この中で半導体素子をホトリソ工程で製造する際に用いられるマスクやレチクル、これらに形成された回路パターンが露光によって転写されるウェハ上のパターン欠陥は益々高解像度での検出が要求されている。解像度を高める手法として、照明光の波長を可視光から紫外光へ短波長化することが挙げられる。従来、光源としては例えば、水銀ランプや Xe ランプ等が用いられ、ランプの持つ種々の輝線の中

から必要とする波長のみを光学的に選択して使っていた。

【0003】しかしながら、ランプの輝線では、発光スペクトル幅が広く光学系の色収差を補正するのが困難であること、十分な照度を得るためには光源が大形になり、効率が悪いなどの課題がある。近年、半導体製造における露光装置用光源として、波長 248 nm の KrF エキシマレーザ装置を搭載した露光装置が開発されているが、エキシマレーザ光源は大形であり、またフッ素ガスを使用しているため所定の安全対策が必要などの課題がある。このため、他の紫外レーザ光源として、固体の YAG レーザ光を非線形光学結晶により波長変換し、YAG レーザ光の第 3 高調波 (355 nm)、あるいは第 4 高調波 (266 nm) を得ている。

【0004】このように UV レーザ光を得るための波長変換装置が、特開平 8-6082 号公報 (従来技術 1)、特開平 7-15061 号公報 (従来技術 2)、特開平 11-64902 号公報 (従来技術 3)、および特開平 11-87814 号公報 (従来技術 4) において知られている。

【0005】従来技術 1 には、基本波長の光を射出する光射出手段の射出側に配設され、内部を通過する光の光路長を共振長として該共振長に応じた共振周波数を有しかつ内部で該光を反射するための複数の反射手段を備えた共振手段と、該共振手段の内部を通過する光の光路上に配設され、光学的異方性を有しかつ入射された光と該光とは波長が異なる少なくとも 1 つの変換波長の光とを射出する非線形光学材料と、前記基本波長の光に前記共振手段の共振周波数が同調するように前記非線形光学材料へ電界を付与する電界付与手段とを備えた UV レーザ光を発生させる波長変換装置が記載されている。

【0006】また、従来技術 2 には、レーザ光を供給する光源と、該光源から発生したレーザ光を共振させる光共振器と、該光共振器内に配置され、レーザ光の波長を該波長より短い波長の光波に変換する非線形光学材料と、前記光共振器から出射したレーザ光を再び光共振器に通して前記光源に戻す光学系とを備えたレーザ光波長変換装置において、前記光共振器、前記非線形光学材料、および前記光学系を真空槽内に配置したことが記載されている。

【0007】また、従来技術 3 には、外部共振型の波長変換装置において、波長変換素子 (例えば非線形光学結晶) とレーザ光分離光学部材 (例えば、波長選択性を有するミラー) との間の空間に、光学的に透明な物質を設け、または空気や不活性ガス等で満たし、または実質的に真空状態にし、前記波長変換素子とレーザ光分離光学部材との間を外部から遮断することによって、粉塵やガス成分が前記波長変換素子のレーザ光出射面や前記レーザ光分離光学部材の受光面などに付着、析出するのを防ぐことが記載されている。

【0008】また、従来技術4には、レーザ共振器の使用前に、レーザ共振器を構成するミラーや非線形結晶の構成部品に付着している油分等の汚染物質を、実質上除去してレーザ共振器の寿命を延ばすことが記載されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、波長変換装置において、光共振器内部に設置している全てのミラー等の光学部材や非線形光学結晶の表面が紫外光で照射された時と光共振器内の残留浮遊物に紫外光が照射された時に発生する僅かな反応ガスが、後々光共振器内の全てのミラー等の光学部材や非線形光学結晶の表面に付着し、透過率低下等の不具合をまねく課題があった。

【0010】この課題を解決できるように、上記従来技術2では、光共振器、非線形光学材料、および光学系を真空槽内に配置している。しかしながら、従来技術2では、光共振器、非線形光学材料、および光学系を真空槽内に配置しているため、光共振器、非線形光学材料、および光学系が汚染されるのを防止することが可能であるが、真空槽に対して大気圧が加わっても、光共振器、非線形光学材料、および光学系に内部応力に基づく変形が生じないように真空槽を強固なものにすると共にシール構造も確実なものにする必要があり、その結果シール構造も含めて真空槽の構造が複雑になってしまうという課題を有していた。さらに、従来技術2では、特開平7-15061号公報に記載されているように、非線形光学結晶を昇温制御する必要があり、そのため、真空槽内に熱が籠ることになり、他のミラー等の光学部材に影響を及ぼすことになるという課題を有することになる。

【0011】また、上記従来技術3では、波長変換素子とレーザ光分離光学部材との間を外部から遮断することによって、粉塵やガス成分が前記波長変換素子のレーザ光出射面や前記レーザ光分離光学部材の受光面などに付着、析出するのを防ぐことについては考慮されているが、非線形光学結晶も含めて光共振器全体に対する汚染物の付着防止については考慮されていない。

【0012】以上説明したように、従来技術1～4のいずれにも、非線形光学素子（非線形光学結晶）の昇温制御に大きく影響を受けることなく、構造を簡単にして非線形光学結晶も含めて光共振器全体に対する汚染物の付着防止については考慮されていない。

【0013】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、波長変換装置において、非線形光学素子から発生する熱に大きく影響を受けることなく、構造を簡単にして非線形光学素子も含めて光共振器全体に対する汚染物の付着を防止して入射されたレーザ光を効率よく波長変換し、紫外レーザ光の出力強度を低下させることなく、長寿命化を図った紫外レーザ光発生装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、波長変換装置において紫外レーザ光の出力強度の低下が生じた場合に、その要因を

容易に究明してメンテナンスを行いやすくした紫外レーザ光発生装置を提供することにある。

また、本発明のさらに他の目的は、紫外レーザ光による安定した強度の照明によって半導体ウェハ等の被検査対象物上に形成された微細被検査パターンを高解像度に検出して微細被検査パターン上の欠陥を検査できるようにした欠陥検査装置およびその方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、紫外レーザ光を発生する波長変換装置において、光共振器内部での紫外光照射による残留有機物との化学反応ガスの発生ポテンシャルを抑制することに着目し、光共振器内部で残留有機物が浮遊しない構造とした。具体的には、光共振器および非線形光学素子を容器内に設置することにより密閉構造とし、外部からの有機物進入を防止した状態で容器内を不活性ガスで置換して酸化しにくい環境にすると共に非線形光学素子の恒温制御に基づく熱の籠もりを防止して他の光学部材への熱の影響を防止することにある。

【0015】即ち、本発明は、レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光の通倍高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に備え、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通倍高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通倍高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに該容器内に不活性ガスを充填させて清浄化する清浄化手段を備えた波長変換装置とを備えて構成した紫外レーザ光発生装置である。

【0016】また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、波長変換装置の清浄化手段は、容器内の気体を排気する排気手段と、容器内に不活性ガスを供給する供給手段とを容器に接続して構成することを特徴とする。また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、波長変換装置の清浄化手段は、容器内を浮遊している汚染物を容器内の壁面に固定する粘着材を含むことを特徴とする。

また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、波長変換装置の容器を二重若しくは三重の構造で構成し、各々の容器の間に不活性ガスを満たす間隙を有することを特徴とする。

【0017】また、本発明は、レーザ基本波光を発光して出射するレーザ励起光源と、該レーザ励起光源から出射されるレーザ基本波光を入射する入射窓とレーザ基本波光の通倍高調波光からなる紫外レーザ光を外部に出射する出射窓とを密閉状態の容器に設け、前記入射窓から入射されたレーザ基本波光に対して共振させる複数の光

学部材からなる光共振器、および該光共振器の内部に設けられ、前記レーザ基本波光の通倍高調波光を発生する非線形光学素子からなり、前記出射窓に前記通倍高調波光からなる紫外レーザ光を出射する波長変換器を前記容器内に備え、さらに前記容器内の汚染状態を光学的に検知する光学的検知手段を備えた波長変換装置とを備えて構成した紫外レーザ光発生装置である。また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、光学的検知手段は、複数の光電変換手段を容器内に設置して構成したことを特徴とする。

【0018】また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、さらに前記波長変換装置から出射される紫外レーザ光の出力強度を検出する検出手段を有することを特徴とする。

【0019】また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置において、レーザ励起光源は、NdのYAGレーザ光の2倍波光を出射する光源で構成することを特徴とする。

【0020】また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置と、該紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明する照明光学系と、該照明光学系によって照明された被検査対象物からの反射光を集光する検出光学系と、該検出光学系で集光される反射光を受光して信号に変換する光電変換器と、該光電変換器から得られる信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出する欠陥検出回路とを備えた欠陥検査装置である。

【0021】また、本発明は、各々出射されるレーザ光の光路を同軸化して設置される複数の紫外レーザ光発生装置と、該紫外レーザ光発生装置のいずれか一つ若しくは複数から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明する照明光学系と、該照明光学系によって照明された被検査対象物からの反射光を集光する検出光学系と、該検出光学系で集光される反射光を受光して信号に変換する光電変換器と、該光電変換器から得られる信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出する欠陥検出回路とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置である。また、本発明は、前記複数の紫外レーザ光発生装置の内、少なくとも一つは予備の紫外レーザ光発生装置であることを特徴とする。

また、本発明は、前記照明光学系には、複数の紫外レーザ光発生装置のいずれか一つ若しくは複数から出射された紫外レーザ光を選択して被検査対象物に照明する選択光学系を有することを特徴とする。

また、本発明は、前記照明光学系において、複数の紫外レーザ光発生装置の各々から出射された紫外レーザ光を合成して被検査対象物に照明する合成光学系を有することを特徴とする。また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置を、紫外レーザ光を連続発振させて出射するように構成したことを特徴とする。

また、本発明は、前記欠陥検査装置において、照明光学系

として、コヒーレンス低減光学系を有することを特徴とする。

また、本発明は、前記照明光学系および検出光学系としての対物レンズを有し、更に前記照明光学系として、前記紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を前記対物レンズの瞳上を2次元に走査してコヒーレンスを低減するコヒーレンス低減光学系を備えたことを特徴とする。

【0022】また、本発明は、前記照明光学系および検出光学系としての対物レンズを有し、更に前記照明光学系として、前記紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を前記対物レンズを通して被検査対象物に対して輪帯状照明をするように構成したことを特徴とする。

【0023】また、本発明は、前記欠陥検査装置において、照明光学系および検出光学系には、偏光ビームスプリッタおよび偏向素子群を有することを特徴とする。

【0024】また、本発明は、前記紫外レーザ光発生装置から出射された紫外レーザ光を被検査対象物に照明し、この照明された被検査対象物からの反射光を集光し、この集光される反射光を光電変換器で受光して信号に変換し、この変換された信号に基いて前記被検査対象物上の欠陥を検出する欠陥検査方法である。

【0025】

【発明の実施の形態】本発明に係る高解像度光学系並びに欠陥検査装置およびその方法の実施の形態について図1～図21を用いて説明する。

【0026】本発明に係わる欠陥検査装置の第1の実施の形態を図1を用いて説明する。本発明ではDUV領域で高輝度の照明を行うために、DUVレーザ光を出射する紫外レーザ光源（紫外レーザ光発生装置）3としている。ステージ2はX、Y、Z、 $\theta$ 方向の自由度を有し、試料1として、被検査パターンが形成された一例である半導体ウェハ（被検査対象物）が載置される。紫外レーザ光源3から発せられた紫外レーザ光（DUVレーザ光）L2は、ビームエキスパンダ6、コヒーレンス低減光学系7、レンズ8、偏光ビームスプリッタ9、および偏光素子群10を介して対物レンズ11に入射し、被検査パターンが形成された被検査対象物（例えば半導体ウェハ）1上に照射される。ビームエキスパンダ6は、紫外レーザ光をある大きさに拡大するものであり、レンズ8によって対物レンズ11の瞳付近11aに集光された後、試料1に照射されるいわゆるケーラー照明になっている。

【0027】試料1からの反射光は、試料1の垂直上方より対物レンズ11、偏光素子群10、偏光ビームスプリッタ9、結像レンズ12を介してイメージセンサ13で検出される。イメージセンサ13としては、DUV光を検出できる必要があり、TDIイメージセンサで構成することができる。このようにイメージセンサ13として、TDIセンサを用いる場合、図20に示すように、

照明光束をTDIセンサの受光面130の形状に合ったスリット形状140にするために、レンズ8としてシリンドリカルレンズを含むように構成することが照明効率の上で好ましい。

【0028】偏光ビームスプリッタ9は、レーザ光の偏光方向が反射面と平行な場合は反射し、垂直な場合は透過する作用をもつ。紫外レーザ光光源3としている紫外レーザ光は、もともと偏光レーザであり、偏光ビームスプリッタ9はコヒーレンス低減光学系7から出射された紫外レーザ光L2が全反射するように設置されている。プロセスによりウェハなどのように被検査対象物1上に形成された被検査パターンは、様々な形状を呈しているため、パターンからの反射光は、様々な偏光方向を持つようになる。偏光素子群10は、レーザ照明光及び反射光の偏光方向を制御して、パターンの形状、密度差による反射光がイメージセンサ13へ明るさむらとなって到達しないように照明光の偏光比率を調整する機能を有し、例えば照明波長の位相を45度、ないし90度変化させるための1/2波長板10a、1/4波長板10bが組み込まれている。そのため、偏光素子群10から被検査対象物1に対して照明される光は、例えば円偏光された照明光となり、被検査対象物1から反射してくる光の全ては偏光素子群10により反射面に対して垂直となり、偏光ビームスプリッタ9を透過することになる。このように、光学系70の解像度は、照明、あるいは検出の偏光状態によって変化するため、偏光ビームスプリッタ9からイメージセンサ13に至る光路中に出し入れ可能に設けられたミラー86、レンズ87、および検出器88によって検出される対物レンズ11の瞳面の空間像に基いて、偏光素子10a、10bを相対的に光軸回りに回転制御して、被検査対象物1上に形成された回路パターンの密度に応じて変化する反射光の偏光状態を制御してイメージセンサ13で検出することにより、光学系70の性能（解像度）を向上させることが可能となる。

【0029】そして、イメージセンサ13は、例えば紫外光を検出できる蓄積形のセンサ（TDIセンサ）で形成され、被検査対象物1上に形成された被検査パターンからの反射光の明るさ（濃淡）に応じた濃淡画像信号を出力するものとなる。すなわち、ステージ2を走査して被検査対象物1を等速度で移動させつつ、イメージセンサ13により被検査対象物1上に形成された被検査パターンの明るさ情報（濃淡画像信号）を検出する。そして、イメージセンサ13から得られる濃淡画像信号13aは、信号処理回路60に入力されて被検査対象物上の異物等も含めて欠陥検査が行われる。信号処理回路60は、A/D変換器14、階調変換器15、遅延メモリ16、比較器17、およびCPU19等から構成される。なお、A/D変換器14は、イメージセンサ13から得られる濃淡画像信号13aをデジタル画像信号に変換する。

【0030】焦点検出光学系71は、ステージ2のZ方向の変位を検出する。そして、焦点検出回路72は、焦点検出光学系71によって検出されるステージ2のZ方向の変位を処理し、この処理に応じた駆動回路73からの駆動制御指令に基いて、例えばステージ2のZ方向の変位を駆動制御することによって、イメージセンサ13は、被検査対象物1上に形成された被検査パターンに対して合焦点状態でそのパターンの明るさ情報を高精度で検出することができることになる。

【0031】階調変換器15は、例えば8ビットの階調変換器で構成され、A/D変換器14から出力されるデジタル画像信号に対して特開平8-320294号公報に記載されたような階調変換を施すものである。即ち、階調変換器15は、対数、指数、多項式変換等を施し、プロセスで半導体ウェハ等の被検査対象物1上に形成された薄膜と、レーザ光が干渉して生じた画像の明るさむらを補正するものである。

【0032】遅延メモリ16は、階調変換器15からの出力画像信号をイメージセンサ13の走査幅をもって、半導体ウェハ等の被検査対象物1を構成する1セル又は1チップ又は1ショット分記憶して遅延させるものである。

【0033】比較器17は、階調変換器15から出力される画像信号と、遅延メモリ16から得られる画像信号とを比較し、不一致部を欠陥として検出するものである。即ち、比較器17は、遅延メモリ16から出力されるセルピッチ等に相当する量だけ遅延した画像と検出した画像とを比較するものである。従って、CPU19は、キーボード、記録媒体、ネットワーク等から構成された入力手段18を用いて設計情報に基づいて得られる半導体ウェハ等の被検査対象物1上における配列データ等の座標を入力しておくことにより、この入力された半導体ウェハ1上における配列データ等の座標に基いて、比較器17による比較検査結果を基に、欠陥検査データを作成して記憶装置20に格納する。この欠陥検査データは、必要に応じてディスプレイ等の表示手段21に表示することもでき、また出力手段22に出力して、例えば他のレビュー装置等で欠陥箇所を観察も可能である。

【0034】なお、比較器17の詳細は、特開昭61-212708号公報に示したもの等でもよく、例えば画像の位置合わせ回路や、位置合わせされた画像の差画像検出回路、差画像を2値化する不一致検出回路、2値化された出力より面積や長さ、座標等を抽出する特徴抽出回路から構成されている。

【0035】次に、紫外レーザ光源（紫外レーザ光発生装置）3の実施例について説明する。高解像を得るためには波長の短波長化が必要であり、検査速度の向上には高輝度照明が必要である。従来は水銀キセノン等の放電ランプを用い、ランプの持つ発光スペクトル（輝線）のうち、可視域を広範囲に使っていたが、これらの光強度

に比べ、紫外、深紫外領域での輝線は、可視光に比べて、数パーセント程度であり、所望の輝度を確保するためには大形の光源が必要となる。このように光源を大型化した場合、発熱の影響を受けないように光学系から遠ざけるにも限界が生じてしまう。このような観点から、本発明では、短波長を容易に確保できる紫外レーザ光（DUV光（Deep Ultraviolet rays））を光源 3 としている。紫外レーザ光としては、波長が 100 nm～400 nm 程度のレーザ光を示し、DUVレーザ光としては、波長が 100 nm～314 nm 程度のレーザ光を示す。

【0036】紫外レーザ光源（紫外レーザ光発生装置）3 は、図 2 に示すように、例えば、波長 532 nm のレーザ基本波光を発光して出射する固体レーザ装置（レーザ励起光源）4 と波長変換装置 5 からなる。固体レーザ装置 4 は、例えば発振波長が 1064 nm の Nd:YAG レーザ光を非線形光学結晶に通して 2 倍波とし、波長 532 nm のレーザ光を一定の強度で出力されるように制御されて出射するものである。即ち、Nd:YAG レーザ光の 2 倍波を出力する固体レーザ装置 4 は、モニタされた出力に応じてレーザ電源の電流を制御することにより、一定の強度を持つレーザ光 L1 の出力が出射されるように構成される。そして、固体レーザ装置 4 から出射された波長 532 nm のレーザ光 L1 は、単一モード発振であり、波長変換装置 5 に入射される。

【0037】また、紫外レーザ光源 3 の固体レーザ装置 4 の発振形態としては、連続発振でも、パルス発振でも構わないが、ステージ 2 を連続走査させて被検査対象物 1 からの画像を TDI センサ等のイメージセンサ 13 で検出する関係で、連続発振が望ましい。

【0038】また、紫外レーザ光源 3 としては、固体の YAG レーザ（1064 nm）を非線形光学結晶等で波長変換して基本波の第 3 高調波（355 nm）や、第 4 高調波（266 nm）を発生する装置で構成してもよい。更に、紫外レーザ光源 3 として存在するならば、100 nm 以下でもよい。

【0039】次に、本発明の要素となる波長変換装置 5 について説明する。図 2 は、図 1 において、紫外レーザ光源 3 を Z 方向から見たものであり、波長変換装置 5 の概略構造（断面）を示すものである。波長変換装置 5 の容器内部には、ミラー M1～M4 が配置されており、固体レーザ装置 4 から出射して容器 41、45 に設けられた入射口 39 の透明窓 35 から入射したレーザ光 L1 は、ミラー M1 を通過しミラー M2 に到達する。ミラー M2 は入射光の一部を透過し、残りを反射する。ミラー M2 で反射されたレーザ光はミラー M3 に至る。ミラー M3 とミラー M4 の光路中には非線形光学結晶 30 が配置されており、ミラー M3 で全反射されたレーザ光は、非線形光学結晶 30 を通過してミラー M4 に到達する。そして、これらミラー M1～M4 からなる高反射率を有

する光学部材によって光共振器が構成される。更に、非線形光学結晶 30 は、光学的に計算された適切な位置に配置されているので、この結晶 30 により、入射光は、波長が 266 nm の第 2 高調波に変換される。ミラー M4 では、第 2 高調波の紫外レーザ光 L2 のみが、容器 41、45 に設けられた出射口 40 の透明窓 35 を通して波長変換装置 5 の外部に出射される。すなわち、ミラー M4 には、第 2 高調波を透過し、それ以外の波長は反射するようにコーティングが施されている。非線形光学結晶 30 で未変換のレーザ光 L3 は、ミラー M4 で反射されてミラー M1 に達し、ミラー M1 を通過したレーザ光 L1 と同じ光路を再び辿る。ここで、ミラー M2 を通過した一部の入射光は、図示しない検出手段にて、入射光の周波数と波長変換器の共振周波数の誤差を検出し、両者が常に共振状態になるように同調させるもので、図示していないサーボ機構（例えば圧電素子等）により、例えばミラー M3 を高速に微動し、高精度で共振器長を制御するようになっている。このように高精度に共振器長が制御されることによって、ミラー M1～M4 からなる高反射率を有する光学部材で光共振器が構成される。そして、容器 41、42 の内部に設けられた上記光共振器と非線形光学結晶 30 とにより、波長変換器 50 が構成される。

【0040】そこで、波長変換装置 5 から出射された 266 nm の波長の紫外レーザ光 L2 には、可干渉性（コヒーレンスを有する）があり、被検査対象物 1 上の回路パターンをレーザ光で照明した場合、スペックルが発生する原因となる。従って、紫外レーザ光 L2 の照明では、コヒーレンスを低減する必要がある。コヒーレンスを低減するには、時間的あるいは空間的コヒーレンスのいずれかを低減させればよい。そこで、本発明では、コヒーレンス低減光学系 7 により、空間的コヒーレンスを低減するようにした。

【0041】図 3 は、本発明に係るコヒーレンス低減光学系 7 を含む照明光学系の一実施例を示す模式図である。波長変換装置 5 の出射口 40 の透明窓 35 から出射されたレーザ光 L2 は、ビームエキスパンダ 6 で、ある大きさに拡大された平行光束となって、レンズ 24 の焦点位置に集光され、その後レンズ 25、レンズ 8、偏光ビームスプリッタ 9 を介して対物レンズ 11 の瞳上 11a に集光される。ところで、レンズ 24 の焦点位置 28 は、同時にレンズ 25 の焦点位置でもあり、焦点位置 28 は対物レンズ 11 の瞳 11a の位置と共役になっている。

【0042】コヒーレンス低減光学系 7 は、図 4 に示す如く、例えば、円形状の拡散板 26 を光路中の焦点位置 28 に配置し、モータ 27 によって高速に回転させるものである。すなわち、図 5 に示すように、レンズ 24（およびレンズ 25）の焦点位置に、表面が適度な粗さに加工された拡散板 26 を配置し、モータ 27 の回転に

よって、対物レンズ11の瞳11a上に集光されるレーザスポットを走査するようにして空間的コヒーレンスを低減させ、可干渉性を低減している。レーザ光は拡散板26で、ある程度広がるが、レンズ25はこれをカバーする開口数を持ったレンズを選定するものとし、拡散板26の詳細な仕様は実験により決定されるものとする。また、コヒーレンス低減光学系7としては、以上述べた方法に限るものではなく、他の手段として、多面体回転ミラーや回転振動ミラー等を使うことも考えられる。

【0043】ところで、照明に使用しているレーザ光源3は、固体レーザによる波長が532nmの励起光L1を波長変換装置5の容器内に配置したミラーM1～M4や非線形光学結晶30を用いて2倍波とし、波長266nmの紫外光を得るものであるが、前述したように、波長変換においては入射光の周波数と波長変換器50の共振周波数が常に共振状態になるように内部の光学系を同調させる必要があるなど、波長変換装置5の容器内部は非常にデリケートなものとなっている。中でも非線形光学結晶30には潮解性があり、湿気を嫌うものである。従って、紫外レーザ光を安定して得るためには、光共振器内部に設置しているミラーM1～M4や非線形光学結晶30の表面を常にクリーンな状態で保持する必要がある。

【0044】また、波長変換装置5の容器の内部に設置された波長変換器50から一定の紫外レーザ光を射出させるために、非線形光学結晶30の温度を一定に保つための恒温装置（図示せず）が非線形光学結晶30を支持する微動機構45内に設置されている。

【0045】ここで、波長変換装置5の容器41、45の内部を、クリーンな状態に保持できない場合には、紫外レーザ光が照射されることによって、化学反応が起こり、内部の光学素子表面へ付着、硬化して紫外レーザ光の出力強度の低下を招くこととなる。そこで、紫外レーザ光の出力強度が低下した場合には、波長変換装置5の容器内部のミラーなどの光学部材M1～M4の再調整やレーザ照射により非線形光学結晶30の表面が焼き付いたとして、結晶30へのレーザ照射位置を少しずつ変えることにより対処することが可能であるが、いずれも多大な労力と時間を要することになる。

【0046】そこで、まず、本発明に係る波長変換装置5の第1の実施例について説明する。この第1の実施例としては、図6および図7に示す如く、光学部材M1～M4からなる光共振器と非線形光学結晶30とから構成される波長変換器50を容器41により外気と遮断し、密閉した状態の構造とした。図7は蓋31を取り除いた状態を示している。すなわち、容器41に形成したレーザ光入射口39及び出射口40に、透明窓35を設けて例えばOリング36等を用いてシールドし、清浄化用の例えば不活性ガス貯蔵容器（図示せず）から容器41内への清浄化用の例えば不活性ガスの気体を供給するため

の先端にフィルタ37を設けた供給バルブ32、排気ポンプに接続されて容器41内の残留気体を排気するための排気バルブ33、および容器41内の気体の状態、特に不活性ガスが充填されたことを観察するための検出器34を設けた。このように、容器41内を清浄化する清浄化手段としては、例えば不活性ガス貯蔵容器（図示せず）に接続された先端にフィルタ37を設けた供給バルブ32と、排気ポンプに接続された排気バルブ33と、例えば不活性ガスが充填されたことを観察するための検出器34とによって構成される。このように構成することにより、波長変換装置5の容器内の光学系の調整が完了後、図6に示すように、蓋31を取り付け、排気バルブ33に図示していない排気ポンプを接続して容器41内の残留気体を排気する。次に、供給バルブ32から不活性ガスを供給する。検出器34は例えば気圧計であり、容器41内の気圧をモニタするものである。容器41内の気圧が1気圧になったときに不活性ガスの供給が完了する。不活性ガスとしては波長変換器50内のレーザ光と化学反応しないガスが好ましく、例えば窒素ガスやアルゴンガス等があげられる。また、供給バルブ32の先端には、フィルタ37が設けられており、これは不活性ガスを供給する際の流量制御と異物等の不純物の混入を防止する役目を奏する。

【0047】特に、排気ポンプ33に排気バルブ33を接続して容器41内の残留気体を排気し、次に不活性ガスを供給バルブ32から容器41内に供給して1気圧程度に充填した状態で、供給バルブ32および排気バルブ33を閉めて容器41を密封状態にしても良い。また、不活性ガスを供給バルブ32から容器41内に供給して1気圧程度に充填し、その後、レーザ光の揺らぎが生じない程度にして不活性ガスを微量流しつづけても良い。

【0048】以上説明した第1の実施例によれば、容器41内への新たな異物の混入を防止することができ、その結果、光共振器内部に設置しているミラーM1～M4や結晶30の表面を常にクリーンな状態で保持することが可能となり、紫外レーザ光の出力強度の低下を招くことを防止することができる。

【0049】次に、本発明に係る波長変換装置5の第2の実施例について説明する。この第2の実施例としては、図9に示す如く、波長変換器50を容器42とケーシング（容器）45との二重構造により外気と遮断し、密閉した状態の構造とした。この第2の実施例の場合、蓋31を閉めることによる波長変換器50への機械的な応力発生を防止することができる。即ち、外側のケーシング45には、入射口39及び出射口40に透明窓35を設けて例えばOリング36等を用いてシールドし、気体を供給、排出するための、バルブ32、33、容器内の気体の状態を観察するための検出器34を設けた。そして、波長変換器50を内蔵する容器42を、ケーシング（容器）45内に支持部材43で支持して二重構造で

構成した。そして、内側の容器 42 には、入射口 39 の透明窓 35 を通して入射するレーザ光を入射させる入射口 46 および出射口 40 の透明窓 35 へ紫外レーザ光 L2 を出射する出射口 47 を形成し、容器 42 の内外を連通する吸気孔 48 および排気孔 49 並びに圧力孔 51 を形成している。特に、吸気孔 48 および排気孔 49 を小さくして多数穿設することによって、不活性ガスを微量流し続けても、容器 42 の外側とケーシング 45 の内側との間においてバッファの役目を果たし、容器 42 内での不活性ガスの流れを殆どなくしてレーザ光の揺らぎをなくすることが可能となる。当然、排気ポンプ 33 に排気バルブ 33 を接続して容器 42 内も含めてケーシング 45 内の残留気体を排気し、次に不活性ガスを供給バルブ 32 からケーシング 45 内に供給して 1 気圧程度に充満した状態で、排気バルブ 33 および供給バルブ 32 を閉めてケーシング 45 を密封状態にしても良い。このように、波長変換装置 5 の第 2 の実施例によれば、波長変換器 50 への機械的な応力の発生を防止し、しかも、レーザ光と化学反応しない不活性ガス、例えば窒素ガスやアルゴンガス等で充満させるように供給することによって容器 42 内への新たな異物の混入を防止することができ、その結果、光共振器内部に設置しているミラー M1～M4 や結晶 30 の表面を常にクリーンな状態で保持することが可能となり、紫外レーザ光の出力強度の低下を招くことを防止することができる。

【0050】なお、第 2 の実施例は、波長変換器 50 を容器 42 とケーシング（容器）45 との二重構造により外気と遮断し、密閉した状態の構造としたが、構造は多少複雑になるが、容器を三重構造で構成してもよい。このように容器を三重構造にすれば、不活性ガスを微量流しつづける場合でも、容器と容器の間にバッファとなる間隙を形成することができるので、益々レーザ光の揺らぎをなくすることが可能となる。

【0051】次に、本発明に係る波長変換装置 5 の第 3 の実施例について説明する。この第 3 の実施例は、図 8 に示す如く第 1 の実施例における容器 41 の内壁に粘着材 38 を塗布して構成した。勿論、第 3 の実施例は、第 2 の実施例における容器 42 の内壁に粘着材 38 を塗布して構成しても良い。この第 3 の実施例によれば、容器 41、42 内に残留していた異物 39 が、不活性ガスを供給している時、風圧で舞い上がり内部の光学部品に付着するのを防止することができ、しかも、容器 41、42 内の気体を排気しているとき、粘着材 38 に接触した浮遊異物 39 をとらえ、半永久的に保持することができる。

【0052】次に、本発明に係る波長変換装置 5 の第 4 の実施例について説明する。この第 4 の実施例は、図 10 に示す如く、第 3 の実施例において、波長変換装置 5 の容器内部に複数の光センサ S1～S6 を配置し、該複数の光センサ S1～S6 により容器 41、42 内で発生

する汚染物からの散乱光を検出し、容器内の汚染度、即ち汚染状態を検知することにより光学部材 M1～M4 や非線形光学素子 30 の汚染状態を監視できるようにしたものである。即ち、複数の光センサ S1～S6 は、容器 41、42 内で発生する汚染物からの散乱光を検出する光学的な汚染物検出手段を構成する。汚染物は通常有機物につき、光センサ S1～S6 は、有機物から発生する蛍光散乱光を検出することになる。そして、複数の光センサ S1～S6 の各々は、図示していないが、集光レンズと光電変換素子から成っており、例えばミラー M1～M4 の表面および非線形光学結晶 30 の表面の汚染状態を検出する。光電変換素子は受光量に応じて起電力を発生するので、これに閾値を設け、閾値を超えた場合はミラー M1～M4 の表面および非線形光学結晶 30 の表面が汚染されていると判断する。例えば、光センサ S2 から出力信号があればミラー M2 の表面に汚染物 40 が付着したことがわかる。レーザ光の波長は既知なので、光センサ S1～S6 として特定の波長帯域のみに感度が高い光センサを用いることで、外乱光の影響を防止でき、検出閾値を低く設定できるので、ミラー M1～M4 および結晶 30 の表面のわずかな汚染物も高感度で検出できる。もし、図 1 に示す欠陥検査装置において、波長変換装置 5 から出射される紫外レーザ光 L2 の出力強度を、照明光路から分岐して設けられた光電変換器等から構成される検出手段（図示せず）でモニタした結果、その出力強度の低下が見受けられたならば、その要因は光センサ S1～S6 の何れかで検出される対象の光学部材 M1～M4、30 の表面が汚染物で汚染されたためと判断し、その光学部材の表面をクリーニングするか、汚染されていない光学部材に交換することになる。なお、波長変換装置 5 から出射される紫外レーザ光 L2 をモニタする方法として、ビームエクspanda6 またはコヒーレンス低減光学系 7 の出力をモニタしてもよい。当然、ビームエクspanda6 またはコヒーレンス低減光学系 7 の出力をモニタする場合には、この光学系 6 または 7 の汚染による出力強度の低下も含まれることになる。

【0053】また、光センサ S1～S6 から汚染に基づく出力信号がなく、上記の如く検出手段（図示せず）でモニタすることによって波長変換装置 5 から出射される紫外レーザ光 L2 の出力強度が低下した場合には、非線形光学結晶 30 に原因があると考えられる。この場合、レーザ照射で結晶 30 の内部が焼き付けられた可能性が高いので、微動調整機構 45 によって、非線形光学結晶 30 を YZ 方向に移動し、紫外レーザ光 L2 の出力強度が上昇するように調整される。勿論、本第 4 の実施例は、図 9 に示す第 2 の実施例に適用することは可能である。

【0054】以上説明したように、波長変換装置内の汚染状態をモニタすることにより、波長変換装置のメンテナンスの要否の判断を容易に、且つ適切にすることがで

き、その結果、理由なく波長変換装置内の光学系調整に余計な時間を費やすことをなくすることができる。

【0055】以上説明した本発明に係る実施の形態によれば、紫外レーザー光の光出力を低下させることなく、長寿命のレーザー光源、即ち、波長変換器の寿命を延ばし長期に渡って安定紫外レーザー光の発振を得ることができ、その結果、被検査対象物 1 上に形成された微細パターンを高解像度に検出し、該微細パターンに発生する欠陥を高信頼度で検査することができる。

【0056】次に、本発明に係わる欠陥検査装置の第 2 の実施の形態を図 11、図 18、および図 19 を用いて説明する。この第 2 の実施の形態において、図 1 に示す第 1 の実施の形態と相違する点は、まず、図 19 に示すように、固体レーザー装置（レーザー励起光源）4 と波長変換装置 5 とを備えた紫外レーザー光源（紫外レーザー光発生装置）3 を該紫外レーザー光源 3 から出射された紫外レーザー光が同軸化されるように複数設置し、図 19（b）に示すように、1 本だけを発振させて他が故障した時に切替えて使用してもよく、また図 19（a）に示すように全部を発振させて個々については低出力で使用しても良いことにある。即ち、第 2 の実施の形態においては、固体レーザー装置 4 と波長変換装置 5 とを備えた紫外レーザー光源 3 a、3 b、3 c を複数設け、紫外レーザー光源 3 a、3 b、3 c の各々から出射された紫外レーザー光をミラー 81 a、81 b、81 c の各々で例えば Z 方向に折り返し、同軸化してビームエキスパンダ 6 に入力するように構成する。特に、図 19（b）に示すように、各ミラー（選択光学系）81 a～81 c を切替えて選択することによって、紫外レーザー光源 3 a～8 c の出力を切替えて選択することが可能となる。これにより、常に、予備として設けられた正常な紫外レーザー光源から紫外レーザー光を出射させて被検査対象物 1 上に照射し、該被検査対象物 1 上に形成された微細パターンを高解像度に検出し、該微細パターンに発生する欠陥を高信頼度で検査することが可能となる。このように、正常な紫外レーザー光源を使用している間において、故障若しくは劣化した異常な紫外レーザー光源の波長変換装置 5 を調整したり、或いは正常の波長変換装置 5 と交換することが可能となる。

【0057】なお、図 19（a）に示すように、複数の紫外レーザー光源 3 a～3 c から出射される紫外レーザー光を合成光学系 81 a～81 c で合成して使用する場合、全体の出力を例えば TV カメラ 85 でモニタし、このモニタされる全体の出力が所定の値が得られるように劣化した紫外レーザー光源に代わって正常な紫外レーザー光源における固体レーザー装置 4 に対して例えば電流値を調整して出力を増大させて自動調整することが可能である。また、劣化した紫外レーザー光源の波長変換装置 5 に対して、微動調整機構 45 によって、非線形光学結晶 30 を YZ 方向に移動させることによって、紫外レーザー光 L2 の出力強度を上昇するように調整することも可能であ

る。

【0058】更に、図 18 に示す如く、複数の光源 3 a、3 b からなる紫外レーザー光源 3 を光学系 70 から分離して設置し、ステージ等が発する機械的振動の紫外レーザー光源 3 への伝播、および紫外レーザー光源 3 からの光学系 70 への熱伝導を遮断する構成にしている。なお、図 18 に示す本実施例では、紫外レーザー光源 3 を除振定盤 80 の下部に設置した場合を示す。この場合、図示していないが、紫外レーザー光源 3 の発する熱が上部の定盤 80 に伝わらないように局所的に排気がなされるように構成されている。紫外レーザー光源 3 a～3 c から出射された各レーザー光 L2 は、各ミラー 81 a～81 c で Z 方向に折り返され、ミラー 90、ビームエキスパンダ 6 を介して、光学系 70 に到達する。半導体ウエハ 1 の表面のパターン検査は、ウエハ 1 を載置したステージ 2 を XY 方向に走査し、全面を検査するが、検査中はステージ移動に伴ってその重心位置が変化するため、定盤 80 が傾斜する。この場合、エアサースポ等により、定盤 80 は水平状態に戻されるが、紫外レーザー光源 3 から出射される紫外レーザー光 L2 は、ビーム径が 1 mm 程度以下であり、光学系 70 と紫外レーザー光 L2 の光軸が一時的に光軸外となることが予想される。このため、本発明では、定盤 80 上にミラー 90、レンズ 91、位置検出器 92 を設置し、これにより紫外レーザー光 L2 の移動量を検出し、ミラー 81 をピエゾなどのアクチュエータを用いて移動させ、軸外になった紫外レーザー光 L2 の光路を高速修正するものである。ここで、ミラー 90 は、紫外レーザー光 L2 の僅かな光を反射するように反射膜がコーティングされたものであり、レンズ 91 はこの反射光を位置検出器 92 に拡大投影するものである。位置検出器 92 は、例えば受光素子を XZ 方向に分割して配置して構成され、受光素子の検出信号を図示していない電気回路で演算してレーザー光の移動量を検出する。これにより、各紫外レーザー光源 3 a、3 b から出射される紫外レーザー光を安定して光学系 70 に入射させることが可能となる。

【0059】以上説明したように、固体レーザー装置 4 と波長変換装置 5 とを備えた紫外レーザー光源 3 を複数設置するように構成したので、紫外レーザー光源の出力を切替えて選択することが可能となり、その結果、常に、正常な紫外レーザー光源を確保することが可能となり、紫外レーザー光を用いた微細パターンの検査を継続して高信頼度で行うことが可能となる。

【0060】次に、コヒーレンス低減光学系 7 の他の実施例について説明する。この実施例においては、図 12 に示す如く直交する 2 枚の走査ミラー 61、64 によって構成される瞳上走査機構により、レーザー光を 2 次元的に走査して、空間的にコヒーレンスを低減するようにしている。図 13 は照明系の模式図である。紫外レーザー光源 3 から出射され、ビームエキスパンダ 6 によりある大

きさに拡大された紫外レーザ光L2は、平行光束となってミラー61で反射し、レンズ62で集光後、レンズ63で再度平行光束となってレンズ8によって対物レンズ11の瞳11a上に集光される。67、69は、走査ミラー61、64でのレーザ光の反射位置を示しており、被検査対象物1の表面と共役な位置関係となっている。また、68は、対物レンズ11の瞳11aと共役な第1瞳共役面である。従って、走査ミラー61、63を電気信号によって回転または揺動制御することによって、紫外レーザ光L2を対物レンズ11の瞳11a上で、2次元的に走査することが可能となる。走査ミラー61、64へ入力する電気信号としては、例えば三角波や正弦波等があり、この入力する電気信号の周波数や振幅を変えることで、対物レンズ11の瞳11a上において上記紫外レーザ光L2の様々な形状の走査が可能となる。特に、走査ミラー61、64の走査を制御して、紫外レーザスポットを、図14に示すように、対物レンズ11の瞳11a上を輪帯状に走査することによって、対物レンズ11を通して被検査対象物1上にコヒーレンスを低減して輪帯状照明を行うことが可能となる。更に、後述するように、TDIセンサに対応させて照明光が紫外マルチスリットスポットビームの場合でも、走査ミラー61、64で構成される瞳上走査機構の後に拡散板を置くことによって、完全に光干渉をなくすることができる。

【0061】ところで、照明光路中に被検査対象物1の照明に支障のない照明光量を分岐するミラー82を配置し、照明レーザ光の一部を上記ミラー82で分岐させてTVカメラ85で観察できるように構成した。即ち、上記ミラー82で分岐される光は紫外レーザ光であるため、該紫外レーザ光が入射した際蛍光を発するスクリーン83を、対物レンズ11の瞳11aと共役な位置に設置した。その結果、スクリーン83上に発生した蛍光像（紫外レーザ光を輪帯状に2次元的に走査した場合）92をレンズ84で拡大することにより、図14（a）に示すような画像91をTVカメラ85で観察することが可能となる。なお、93は、対物レンズ11の瞳11aの外径を示す。そして、図18に示す信号処理回路60において、TVカメラ85から出力する画像91を処理することによって、例えば、照明光92の瞳11aの中心からのずれ量を求めることができ、このずれ量を制御回路95にフィードバックすることにより、コヒーレンス低減光学系7の走査ミラー61、64による走査の制御が可能となる。

【0062】また、信号処理回路60は、TVカメラ85で受光した画像を2値化して、ある明るさ以上の画素を加算して照明の面積を求めることにより、照明条件（照明 $\sigma$ ）を最適化することも可能である。

【0063】なお、上記走査ミラー61、64による紫外レーザ光の走査は、イメージセンサ13の蓄積時間内に行うことは言うまでもない。

【0064】次に、照明条件の他の実施例について説明する。即ち、この実施例は、紫外レーザ光を、対物レンズ11の瞳上でマルチスポット照明するものである。このようにマルチスポット照明することによって、照明 $\sigma$ をかせげるので、走査ミラー61、64による走査時間を遅くすることが可能となる。図15は、コヒーレンス低減光学系7にマルチレンズアレイ65とレンズ66とを配した立体図であり、図16は、これを用いた照明系の模式図である。即ち、入射する紫外レーザ光L2に対して、マルチレンズアレイ65とレンズ66とを付加することにより、マルチの仮想の紫外レーザ光源を作り出し、これを対物レンズ11の瞳11a上に集光させるように構成する。なお、図16（a）に示す110は、マルチスポット光を形成するためのマスクを示す。図16（b）に示す110aは、マルチスポット光を形成するマスク、図16（c）に示す110bは、マルチスリットスポット光を形成するマスクである。112a、112bは透過する部分を示し、111a、111bは遮光する部分を示す。仮想の紫外レーザ光源を作り出す手段65としては、例えば、図17（a）に示す如く、シリンドリカルレンズアレイ113を2個直交させて配置したレンズアレイ114、或いは図17（b）に示す如く、小形の凸レンズを2次元的に配置したロットレンズアレイ115を光路中に配置することによって達成される。しかし、イメージセンサ13として、蓄積形TDIセンサを用いる場合には、図20に示す如く、マルチスポット光として、TDIセンサの受光面130に対応するように、マルチスリットスポット光140にする必要がある。そのため、上記手段65としては、例えば、図17（c）に示す細長のロットレンズアレイ116を用いれば良い。

【0065】そして、対物レンズ11の瞳11a上での輪帯照明となるマルチスポット光の走査状態を図14（b）に示す。TDIセンサ対応のマルチスリットスポット光でも、同様に対物レンズ11の瞳11a上で走査することになる。なお、対物レンズ11の瞳11a上でのレーザ集光点のピッチ120はレンズ66の焦点距離をはじめ、その他のレンズの焦点距離を変えれば自由に変わることができる。

#### 【0066】

【発明の効果】本発明によれば、波長変換装置において、非線形光学素子から発生する熱に大きく影響を受けることなく、構造を簡単にして非線形光学素子を含めて光共振器全体に対する汚染物の付着を防止して入射されたレーザ光を効率よく波長変換し、紫外レーザ光の出力強度を低下させることなく、長寿命化を図った紫外レーザ光発生装置を実現することができる効果を奏する。

【0067】また、本発明によれば、波長変換装置において紫外レーザ光の出力強度の低下が生じた場合に、その要因を容易に究明してメンテナンスの要否の判断も含

めてメンテナンスを容易にすることができる効果を奏する。

【0068】また、本発明によれば、紫外レーザ光による安定した強度の照明によって半導体ウェハ等の被検査対象物上に形成された微細被検査パターンを高解像度に検出して微細被検査パターン上の欠陥を高信頼度で検査することができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る欠陥検査装置の第1の実施の形態を示す構成図である。

【図2】本発明に係る紫外レーザ光発生装置の概略構成を示す図である。

【図3】図1に示すコヒーレンス低減光学系を含む照明光学系の一実施例を示す模式図である。

【図4】コヒーレンス低減光学系の一実施例を示す斜視図である。

【図5】図4の正面図である。

【図6】本発明に係る波長変換装置の外観を示す斜視図である。

【図7】本発明に係る波長変換装置の第1の実施例を示す断面図である。

【図8】本発明に係る波長変換装置の第3の実施例を示す断面図である。

【図9】本発明に係る波長変換装置の第2の実施例を示す断面図である。

【図10】本発明に係る波長変換装置の第4の実施例を示す断面図である。

【図11】本発明に係る欠陥検査装置の第2の実施の形態を示す構成図である。

【図12】コヒーレンス低減光学系の他の実施例を示す斜視図である。

【図13】図12に示す光学系の模式図である。

【図14】紫外レーザスポット光を対物レンズの瞳上を走査して空間的コヒーレンスを低減して照明する状態（輪帯照明状態）を示す図である。

【図15】マルチスポットを用いて空間的コヒーレンスを低減する光学系の一実施例を示す斜視図である。

【図16】マルチスポットを用いた照明光学系を示す模式図である。

【図17】マルチスポットを形成する光学素子の実施例を説明する図である。

【図18】本発明に係る欠陥検査装置の第2の実施の形態を示す正面図である。

【図19】本発明に係る第2の実施の形態に用いられる紫外レーザ光源の説明図である。

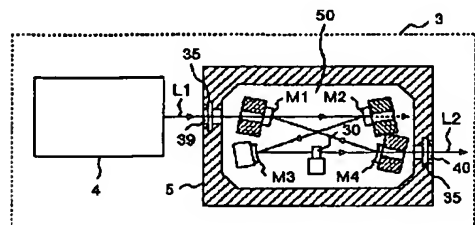
【図20】イメージセンサとしてTDIセンサを用いた場合において用いられるスリット照明光束を示す図である。

【符号の説明】

1…被検査対象物（試料）、2…ステージ、3、3a、3b、3c…紫外レーザ光源（紫外レーザ光発生装置）、4…固体レーザ装置（レーザ励起光源）、5…波長変換装置、6…ビームエキスパンダ、7…コヒーレンス低減光学系、9…偏光ビームスプリッタ、10…偏光素子群、11…対物レンズ、12…結像レンズ、13…イメージセンサ（光電変換器）、14…A/D変換器、15…階調変換器、16…遅延メモリ、17…比較器、19…CPU、24、25…レンズ、26…拡散板、30…非線形光学素子（非線形光学結晶）、32…供給バルブ、33…排気バルブ、34…検出器、35…透明窓、36…リング、37…フィルタ、39…入射口、40…出射口、41、42…容器、45…ケーシング（容器）、46…入射口、47…出射口、48…吸気孔、49…排気孔、50…波長変換器、51…圧力孔、60…信号処理回路、61、64…走査ミラー（瞳上走査機構）、62、63、66…レンズ、65…マルチレンズアレイ、71…焦点検出光学系、81、81a、81b、81c…ミラー（選択光学系、合成光学系）、130…TDIセンサの受光面、140…スリットスポット照明光束、M1～M4…光共振器を構成するミラー。

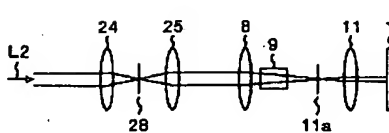
【図2】

図 2



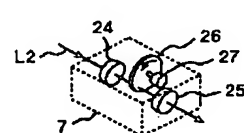
【図3】

図 3



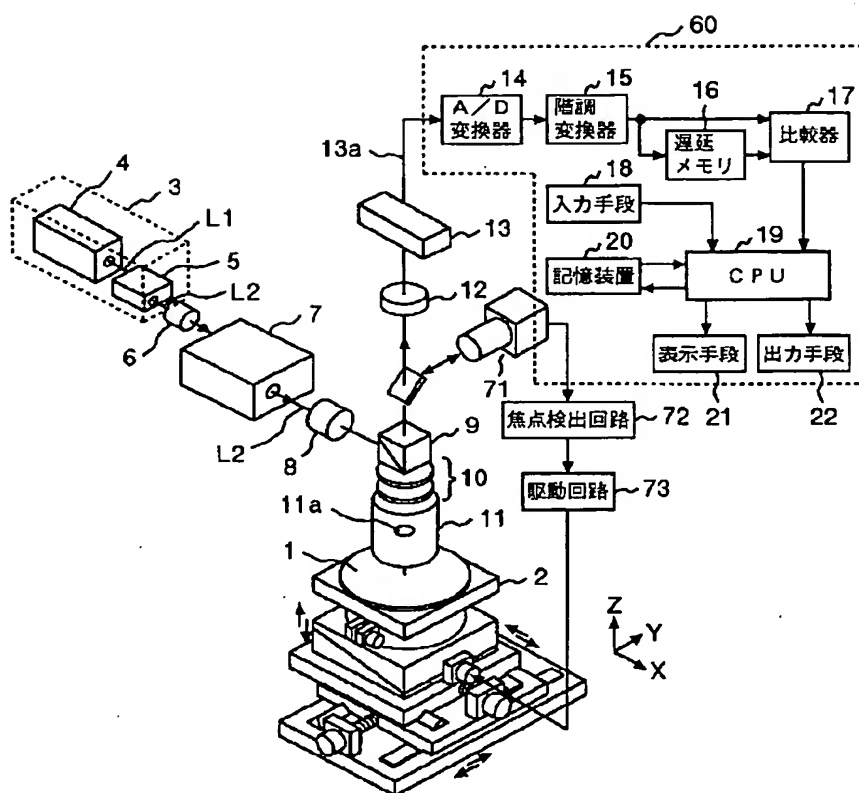
【図4】

図 4



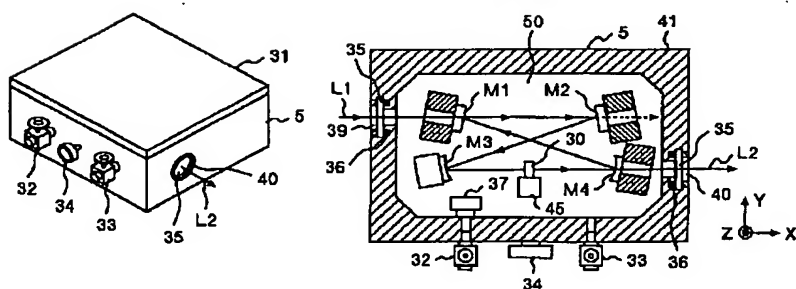
【図 1】

☒ 1



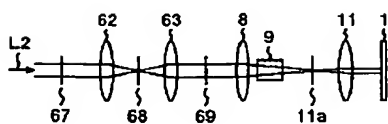
【図 6】

【図 7】



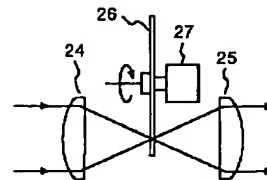
【図 13】

13



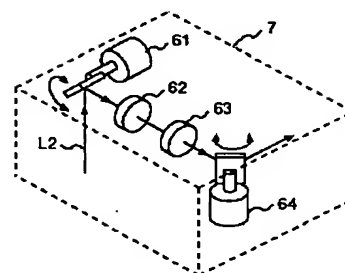
【図 5】

**5**



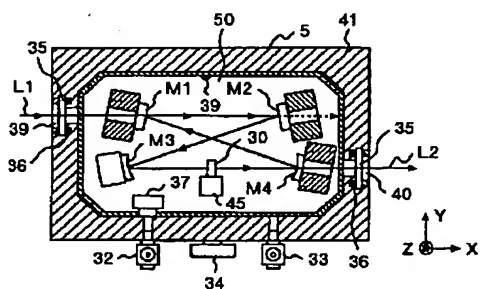
【図 12】

**12**



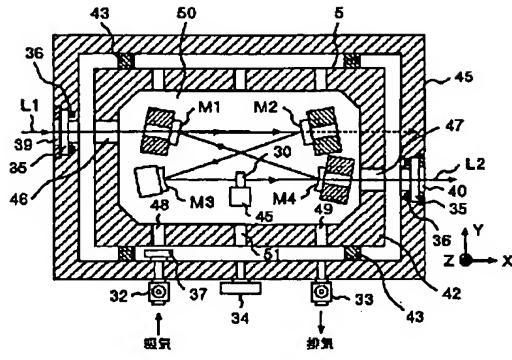
【図 8】

8



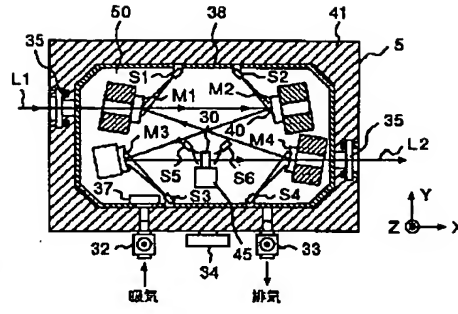
【図9】

図 9



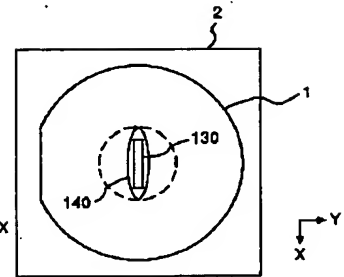
【図10】

図 10



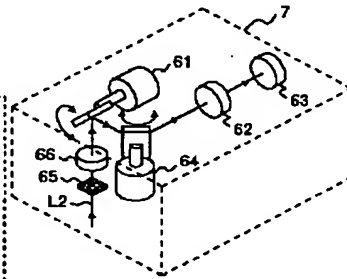
【図20】

図 20



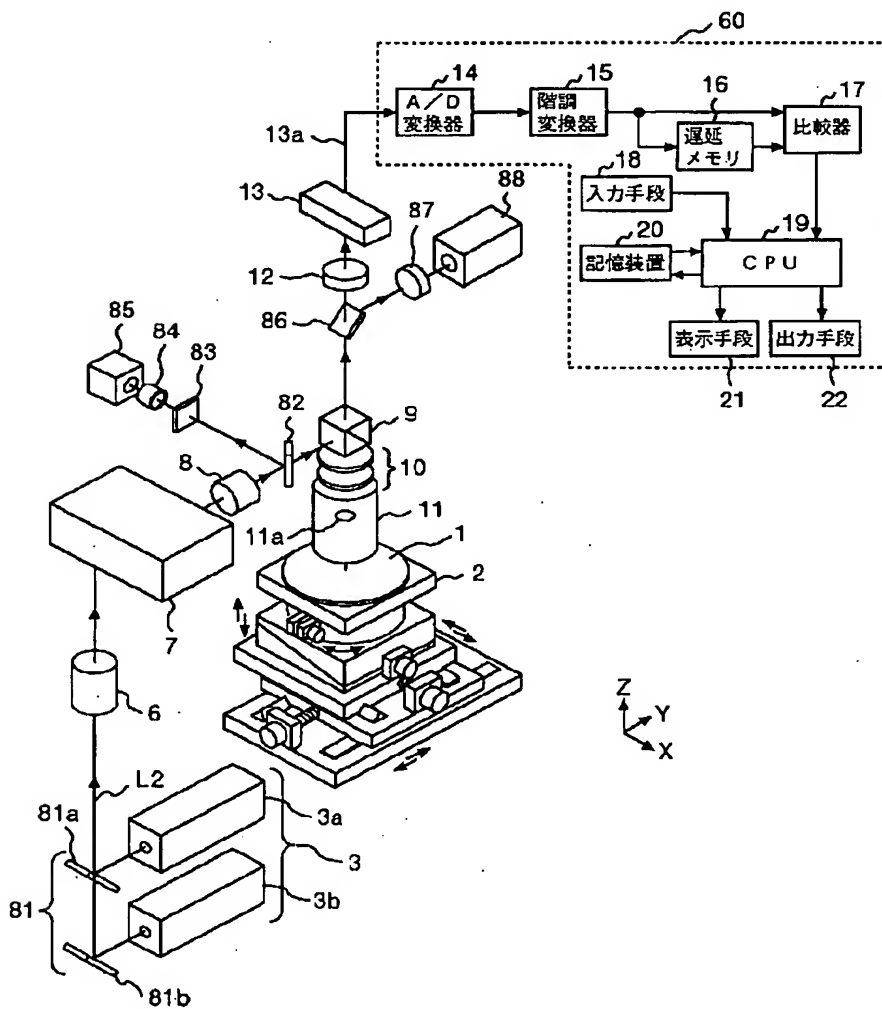
【図15】

図 15



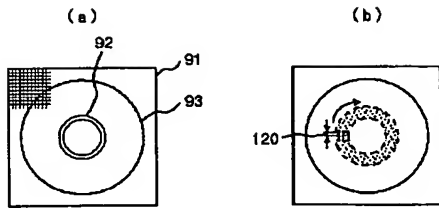
【図11】

図 11



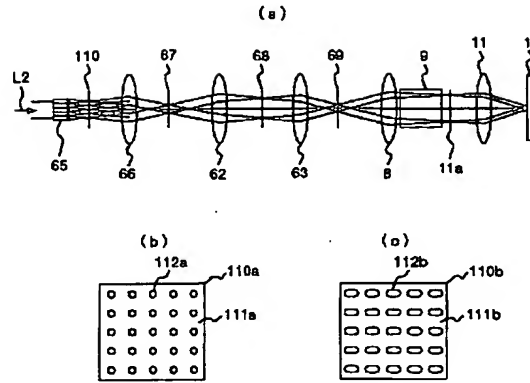
【図14】

図 14



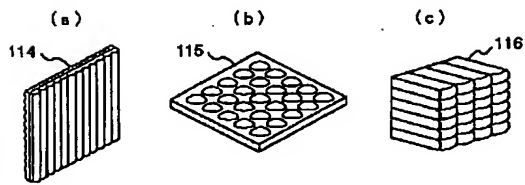
【図16】

図 16



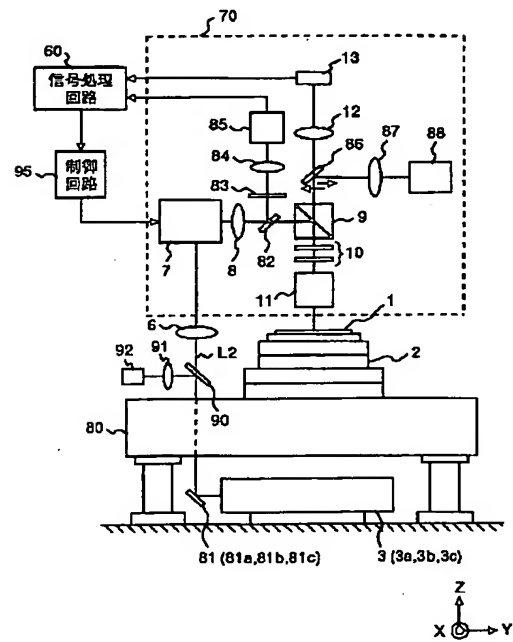
【図17】

図 17



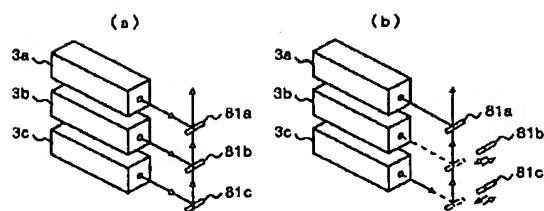
【図18】

図 18



【図19】

図 19



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
G O 1 N	21/84	G O 1 N	E 2 K 0 0 2
	21/956		A 4 M 1 0 6
H O 1 L	21/66	H O 1 L	J 5 F 0 7 2
H O 1 S	3/00	H O 1 S	G
	3/10		Z

(72) 発明者 吉田 実  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
 式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 前田 俊二  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
 式会社日立製作所生産技術研究所内

F タ-ム (参考) 2F065 AA49 BB13 CC19 DD11 FF42  
 GG04 GG21 JJ03 JJ26 LL09  
 LL12 LL35 LL37 MM03 PP12  
 QQ03 QQ11 QQ17 QQ23 QQ25

2G043 AA03 BA14 CA05 EA01 KA03  
 KA05 KA09 LA01 MA06

2G051 AA51 AB02 BA05 BA10 CA03  
 CA04 DA07 EA04 EA11 EB01

2G057 AA14 AB03 AB04 AC05 JA03

2G059 AA05 BB16 DD13 EE02 EE05  
 EE07 GG01 GG04 HH03 HH06  
 JJ11 JJ13 JJ15 JJ19 JJ20  
 JJ22 KK01 KK04 MM09 MM10

2K002 AA04 AB12 EA21 GA10 HA20

4M106 AA01 BA05 CA40 CA41 DB02  
 DB08 DB14 DB30 DJ04 DJ06  
 DJ11 DJ21 DJ23

5F072 AB02 KK12 KK21 QQ02 RR05  
 YY20